



Fonctionnement & Etudes machine

L. Bex

► To cite this version:

| L. Bex. Fonctionnement & Etudes machine. 1989. in2p3-00380430

HAL Id: in2p3-00380430

<https://hal.in2p3.fr/in2p3-00380430>

Submitted on 30 Apr 2009

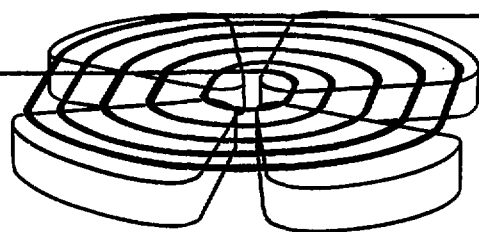
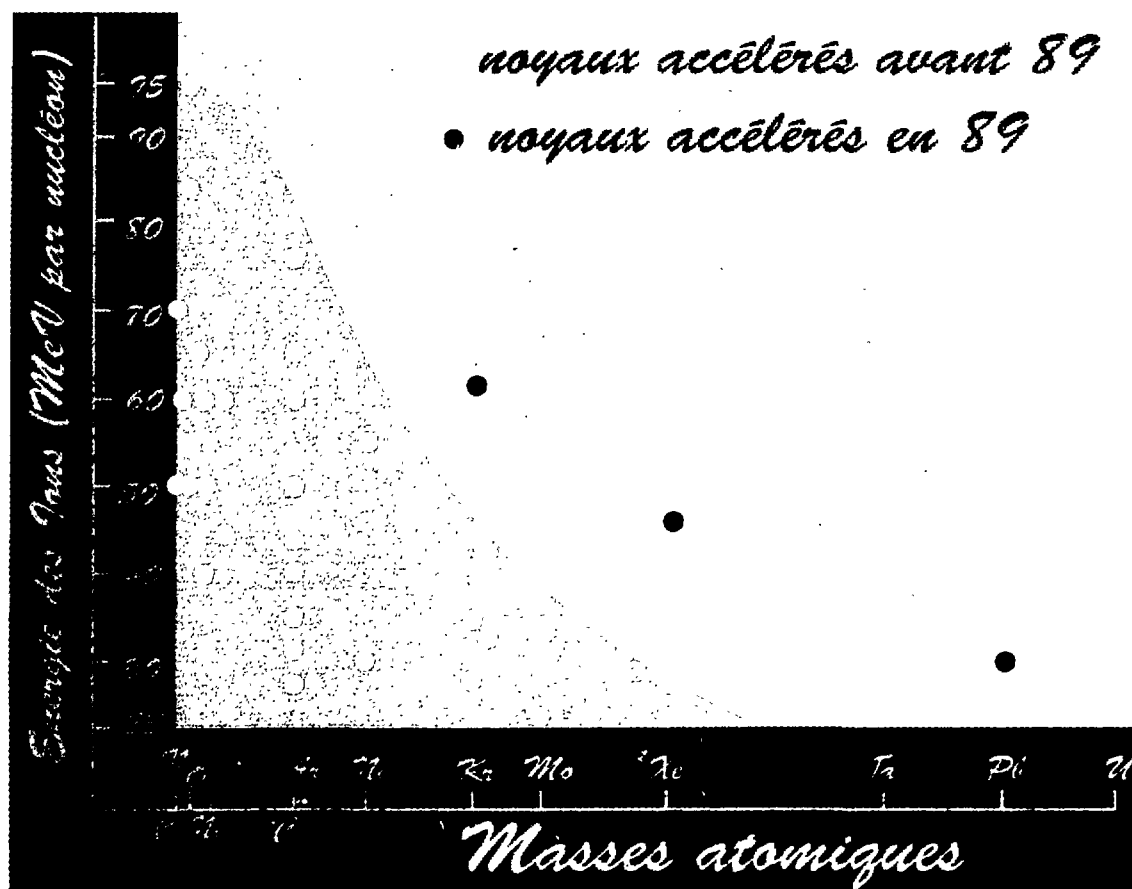
HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

FR 900383H

GANIL

GRAND ACCELERATEUR NATIONAL D'IONS LOURDS - CAEN
LABORATOIRE COMMUN IN2P3 (CNRS) - IRF (CEA)



FONCTIONNEMENT
&
ETUDES MACHINE

GANIL R 90 02

1989

**SECTEURS EXPLOITATION
&
DEVELOPPEMENT**

**GANIL/ R 90 02
Mars 1990**

**FONCTIONNEMENT
&
ETUDES MACHINE**

année 1989

**Documents et textes réunis par L. BEX ;
Secrétariat : MF. L'HONOREY**

PREFACE

Ce rapport annuel décrit le fonctionnement de GANIL et les études machine effectuées du 10 juillet au 18 décembre 1989. L'accélérateur a été arrêté pendant les six premiers mois de l'année pour réaliser les modifications devant conduire à une augmentation de l'énergie en ions lourds. En même temps, la voie de faisceau à énergie intermédiaire a été installée. La première transformation est connue sous le nom "d'Opération d'Augmentation d'Energie" (O.A.E.) et la deuxième sous le nom de "Sortie Moyenne Energie" (S.M.E.).

L'O.A.E. a entraîné les modifications suivantes (Nouvelles du GANIL- N° 32) :

- Cyclotron injecteur

- * L'énergie de sortie maximale est doublée (1 MeV par nucléon).
- * Le nombre de tours passe de 14 à 25.
- * Les pôles magnétiques de révolution ont été remplacés par des pôles à trois secteurs.
- * Le cyclotron fonctionne sur le mode harmonique 3 au lieu du mode 4.
- * Une batterie de sondes de phase radiales pour vérifier l'isochronisme a été installée.
- * Le rayon moyen d'extraction passe à de 0,465 m à 0,488 m.
- * La source ECR1 est remplacée par la source ECR3 (CAPRICE II B).
- * Le potentiel d'extraction de la source a été augmenté (de 18 kV à 23 kV).

- Regroupeur R1

- * La géométrie de l'électrode d'accélération a été modifiée pour l'adapter à l'accroissement de distance entre les paquets d'ions (102,2 cm au lieu de 73,04 cm).
- * Le nouvel amplificateur HF donne une tension double.

- Ligne de faisceau L2 reliant CSS1 à CSS2

- * Un système de quatre aimants appelé "chapeau de gendarme" a été installé pour la S.M.E., ce qui augmente le parcours du faisceau d'environ six mètres.
- * La rigidité magnétique maximale en aval de l'éplucheur ayant augmenté d'un facteur 1,4 , les dipôles ont dû être remplacés dans la partie aval de la ligne L2.

- Injection dans CSS2

- * Le rayon moyen d'injection passe de 0,857 à 1,200 mètre.
- * De nouveaux composants de l'injection ont été installés, les anciens n'étant plus utilisables.

Les résultats obtenus après la remise en service de l'accélérateur sont excellents. Des ions obtenus à partir d'éléments de masse plus élevée que celle du xénon (masse limite avant l'O.A.E.) tels que le plomb ont été accélérés avec succès.

Outre l'augmentation d'énergie, l'intensité a augmenté d'un facteur voisin de 10 pour le krypton et le xénon.

SOMMAIRE

1. LE FONCTIONNEMENT EN CHIFFRES

1.1.Répartition du temps de fonctionnement de l'accélérateur.....	1
1.2.Analyse du temps de démarrage et de changement de paramètres.....	3
1.3.Analyse du temps de fonctionnement pour les utilisateurs.....	4
1.4.Analyse du temps d'études machine.....	7
1.5.Bilan comparé depuis 1983.....	8
1.6.Les faisceaux à la physique en 1989.....	10
- Calendrier détaillé des périodes de fonctionnement	
- Temps attribué aux expériences de physique	
- Liste des ions accélérés en 1989	
- Caractéristiques des faisceaux obtenus	

2. ETUDES MACHINE

2.1.Accélération d'un faisceau de $^{208}\text{Pb}^{23/57+}$	14
2.2.Perte de faisceau par échange de charge dans C02.....	14
2.3.Etalonnage de la mesure d'énergie du faisceau à la sortie de C02.....	16
2.4.Mesures de distributions d'états de charge du Kr et Xe.....	17
2.5.Mesure de l'émittance transversale et longitudinale du faisceau sortant de l'injecteur C02.....	19
2.6.Mesure de la dispersion en énergie d'un faisceau d'argon ralenti à vitesse 2/3.....	23
2.7.Compression de phase dans CSS1.....	23

3. ETUDES TECHNIQUES

3.1.Evolution des tâches de réglage.....	23
3.2.Détermination des phases faisceau.....	24
3.3.Asservissement de la tension HF du C02 à la position du faisceau lue sur L1.PG41HO.....	25
3.4.Nouveau supprimeur de paquets.....	26
3.5.Essais du chapeau de gendarme.....	26
3.6.Nouveau système de gestion des accès en zone contrôlée (UGS II).....	26

1.LE FONCTIONNEMENT EN CHIFFRES

1.1.Répartition du temps de fonctionnement de l'accélérateur

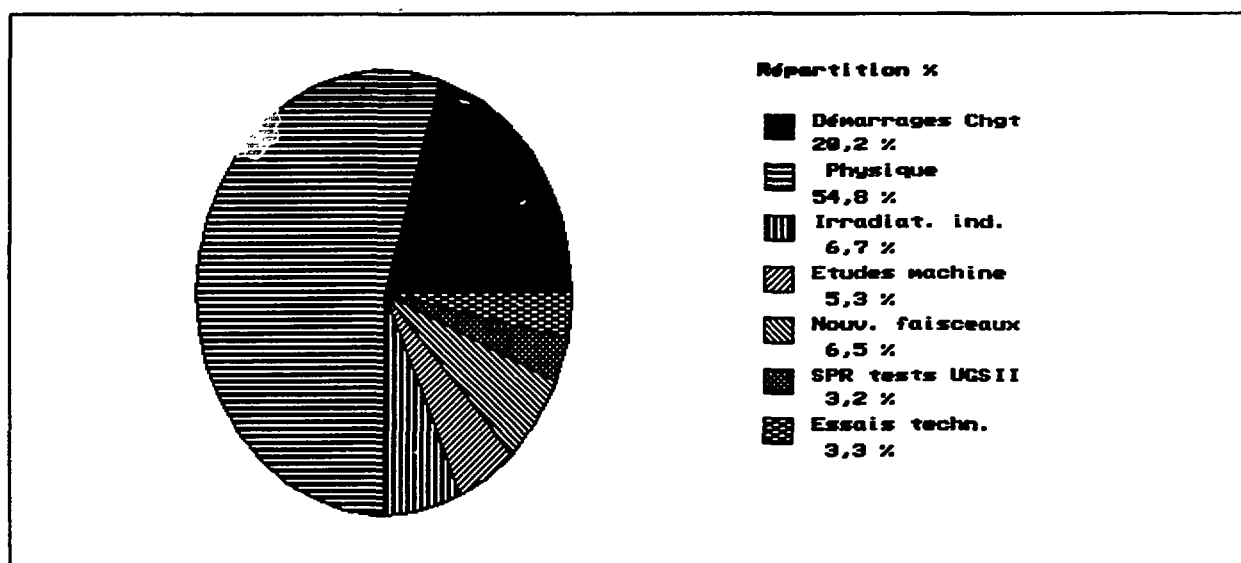
Après un arrêt de six mois réservé à l'Opération Augmentation d'Energie (O.A.E.), une période de trois semaines d'essais et d'études machine a été programmée du 19 juin au 7 juillet 1989.

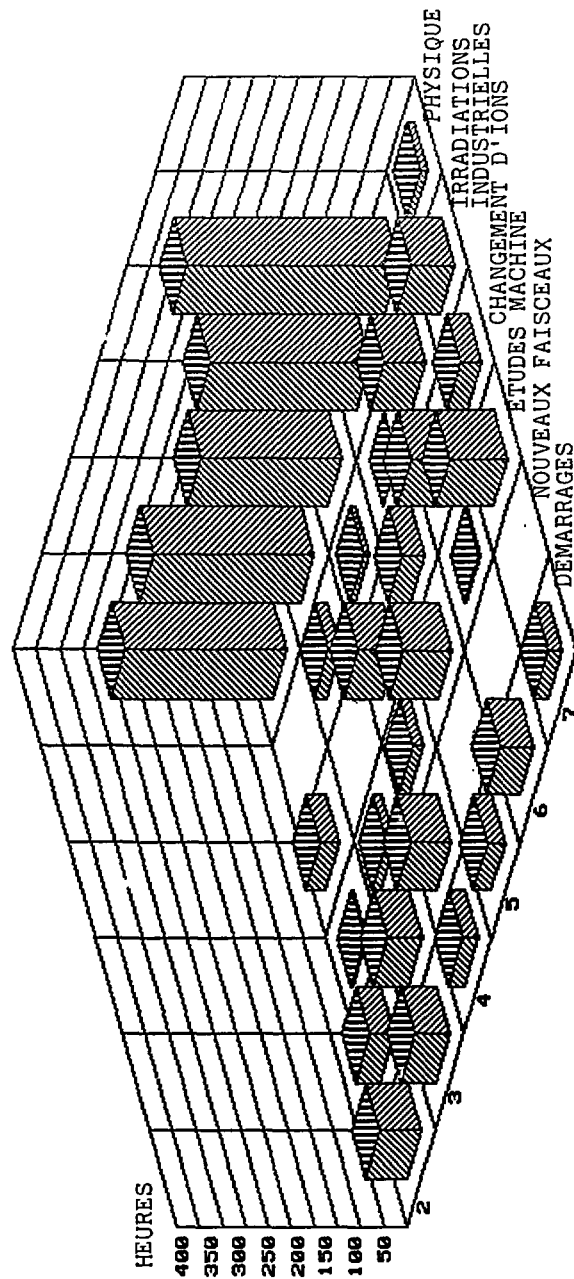
La fourniture du faisceau pour les expériences de physique a repris le 10 juillet et cinq périodes ont été réalisées jusqu'au 30 novembre.

En décembre le faisceau a été fourni pendant une période de deux semaines pour des irradiations industrielles et pour la première expérience utilisant le faisceau issu de CSS1 vers la salle D1 par la Sortie Moyenne Energie (S.M.E.).

Temps de fonctionnement	Progr. (hres)	Réalisé (hres)	Réal/Prg %	Réal. %
Démarrage et changement de paramètres	622,50	538,25	86,5	20,2
Physique	1406,00	1464,75	104,2	54,8
Irradiations industrielles	164,50	180,00	109,4	6,7
Etudes machine	130,00	142,50	109,6	5,3
Essais de nouveaux faisceaux	175,00	172,25	98,4	6,5
SPR : Tests UGS II	84,50	85,25	100,9	3,2
Essais techniques (et maintien)	88,50	88,00	99,4	3,3
TOTAUX	2671,00	2671,00		100

Répartition du temps de fonctionnement pour l'année
période 10 juillet - 18 décembre



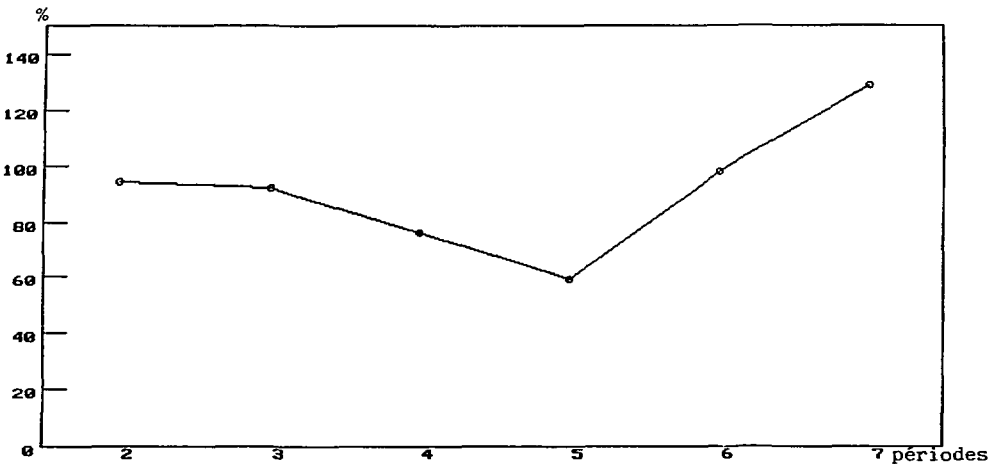


Répartition du temps de fonctionnement par période

- Périodes :
- 2 10 - 28 juillet
 - 3 21 août - 8 septembre
 - 4 18 septembre - 6 octobre
 - 5 9 - 27 octobre
 - 6 6 - 30 novembre
 - 7 4 - 18 décembre

1.2 Analyse du temps de démarrage et de changement de paramètres

Rapport temps effectif sur temps programmé



Histogramme du temps de démarrage et de changement de paramètres

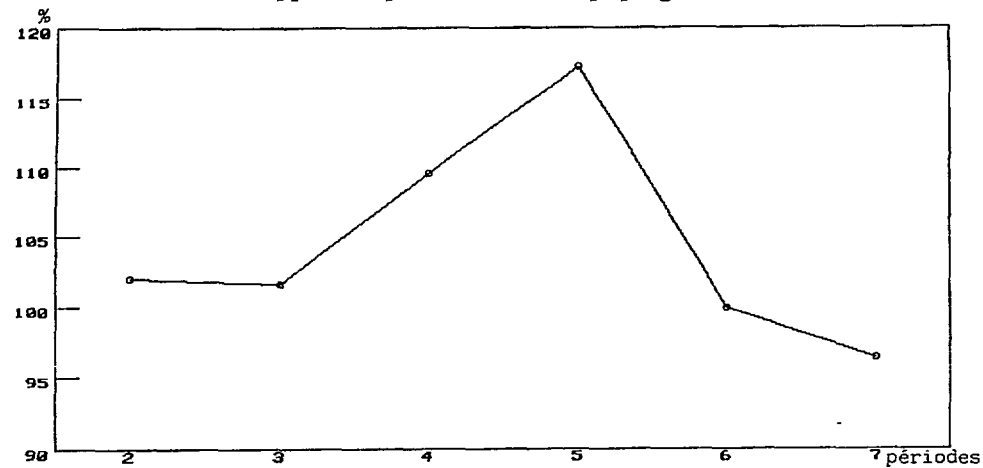


Taux de panne et d'arrêt par période

Périodes	2	3	4	5	6	7
Pannes	0,18	0,24	0,08	0,03	0,10	0,17
Arrêts	0,05	0,06	0,00	0,02	0,01	0,00

1.3. Analyse du temps de fonctionnement pour les utilisateurs (physique et irradiations industrielles)

Rapport temps effectif sur temps programmé

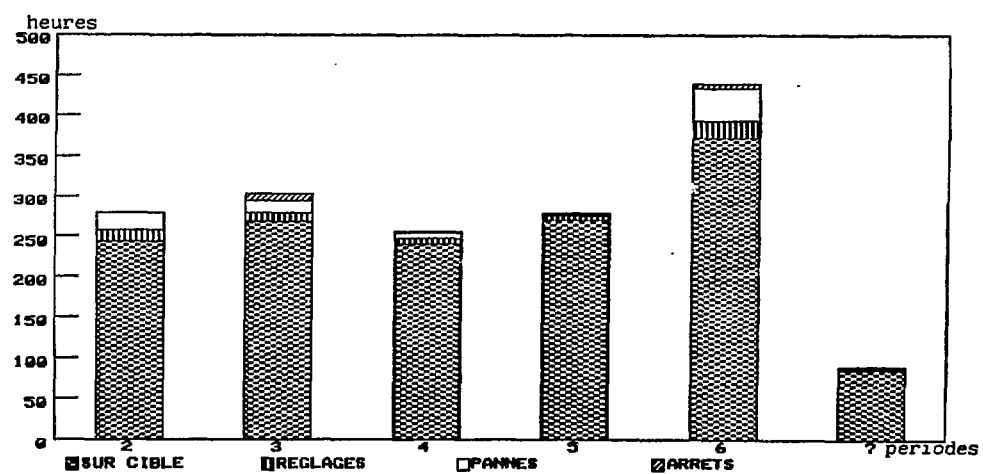


Répartition du temps de fonctionnement pour les utilisateurs

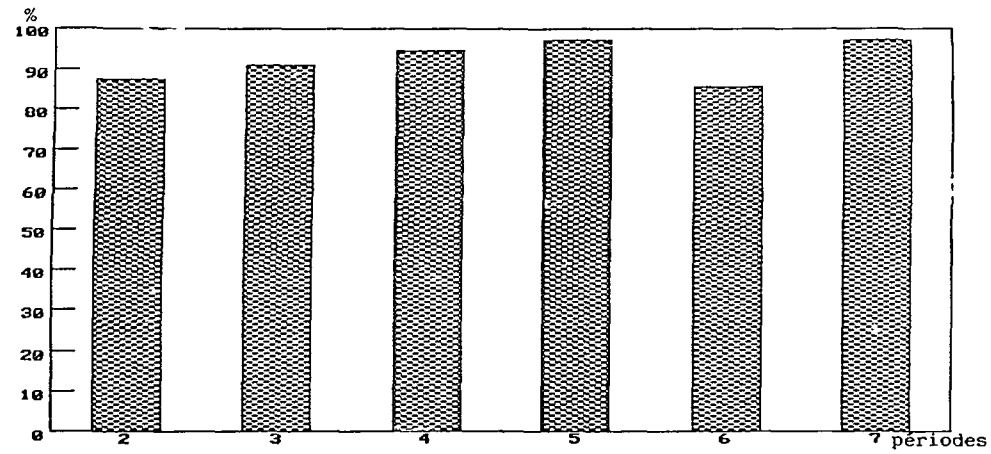
		Heures	%
Faisceau disponible		1480,50	90,0
Indisponibilités fortuites	réglages	60,25	3,7
	pannes	87,00	5,3
Arrêts maintenance		17,00	1,0
TOTAL fonctionnement UTILISATEURS		1644,75	100

$$\text{Disponibilité réelle moyenne} : \frac{1480,50}{1644,75 - 17} \times 100 = 90,9\%$$

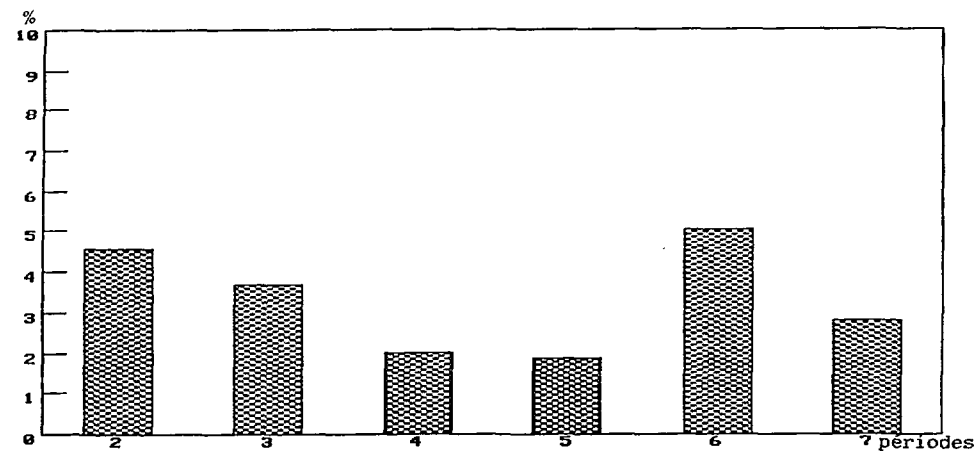
Histogramme du temps de fonctionnement pour les utilisateurs



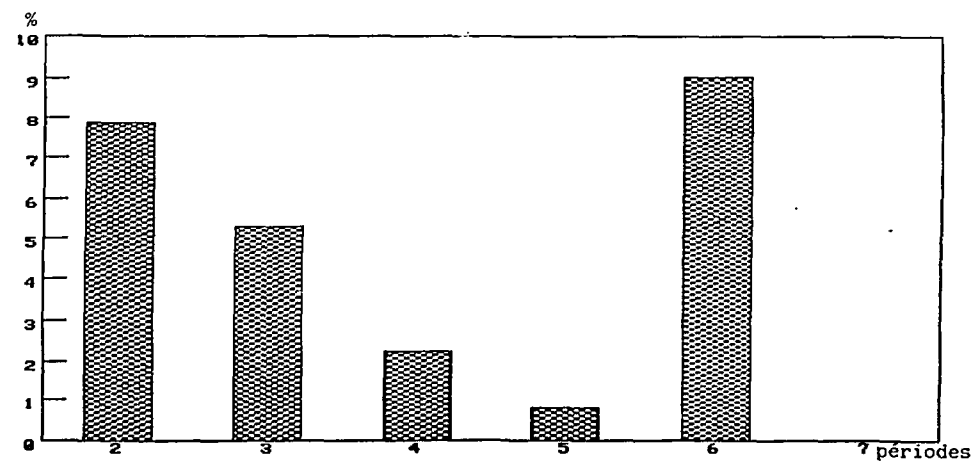
Taux de disponibilité réelle du faisceau



Taux d'indisponibilité fortuite : réglages



Taux d'indisponibilité fortuite : pannes



**Durée des pannes par classe d'équipements
(du 10 juillet au 18 décembre)**

	Total en heures		Total annuel	
	Physique	Autres	Heures	%
Alimentations de courant	19,75	14,00	33,75	21,80
Alimentations THT	0,75	3,50	4,25	2,70
Electronique bas niveau	4,00	11,00	15,00	9,70
Vide : Machine et Aires	1,75	2,50	4,25	2,70
HF : processus, tenue en tension, amplis, alims	7,75	2,50	10,25	6,60
Processus phase HF	1,00	2,00	3,00	1,90
Equipement source ECR	17,75	4,00	21,75	14,10
Fentes, Faraday, Profileurs et mesure courants, sondes mobiles & diagnostics divers	1,00	3,00	4,00	2,60
Fuites d'eau sur équipements et autres défauts "charge"	7,50	10,50	18,00	11,60
S.P.R.	2,00	7,50	9,50	6,10
Baisse secteur et coupures	4,50	0,00	4,50	2,90
Sécurité machine et arrêts de faisceau	2,00	7,25	9,25	6,00
MITRA + CAMAC + DIVA + SOS + JCAM alims pulsées	14,75	0,00	14,75	9,60
Phase faisceau (processus et sondes)	2,50	0,00	2,50	1,60
TOTAUX	87,00	67,75	154,75	100

Les postes présentant les variations les plus significatives par rapport à 1988 sont :

* à la hausse

- alimentations de courant +10,9%
- électronique bas-niveau + 6,5%
- informatique + 2,4%

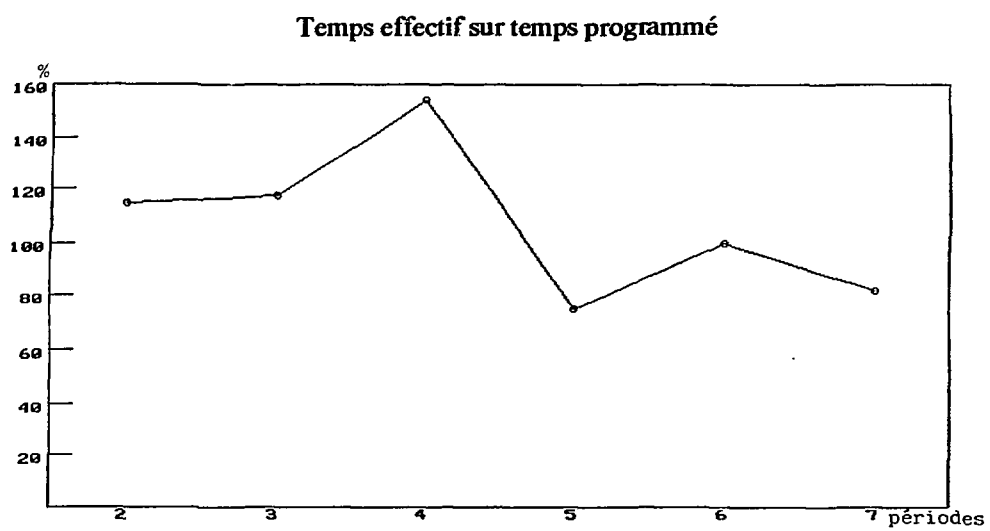
* à la baisse

- processus phase HF - 8,7%
- SPR - 4,5%
- HF : processus et équipements - 4,3%
- mesures de courants, sondes et diagnostics - 3,5%
- vide (machine et aires) - 2,8%

* postes stables

- fuites d'eau et défauts charges
- équipements source ECR
- baisses et coupures secteur
- sécurité machine et arrêts faisceau
- phases faisceaux

1.4 Etudes machine



1.5 Bilans comparés depuis 1983

ANNEES	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
Nombre de faisceaux différents (ion ou énergie) réglés (ralentissements non comptés)	4	12	18	16	22	23	12
Nombre total de réglages : complets : CCS1 seul	18	24	23	23	26 6	29 7	13 5
Temps total consacré aux réglages (heures)							
- complets (*)	833	962	902	921	716	747	435
- CSS1 seul (*)					114	137	87
Durée moyenne d'un réglage (en heures/réglage)							
- complets (*)	46	40	39	40	28	26	33
- CSS1 seul (*)					19	20	17

(*) les démarrages sont inclus

Temps total de fonctionnement pour la physique, réglage du faisceau inclu (heures)	3279	4412	4219	4533	4223	4556	2183
Temps de faisceau sur cible incluant toute cause d'indisponibilité fortuite (heures)	2446	3450	3317	3612	3299	3555	1645
Taux de panne d'équipements %	41	8,2	7,9	5,3	5	4,6	5,3
Taux de reprise de réglages %		14	7,6	5,9	4,5	4	3,7
Taux de disponibilité réelle moyenne des faisceaux %	56	76,5	84	88,6	90,4	91,2	90,9

L'année 1989 ayant été marquée par l'arrêt O.A.E., le nombre de réglages a été très inférieur à celui de 1988.

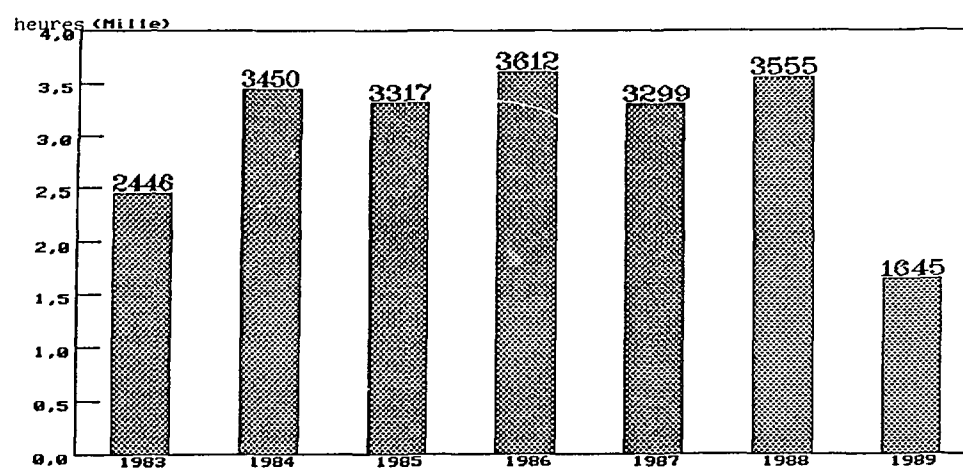
Leur durée a été augmentée par les nouveautés rencontrées au démarrage, avec les transformations de l'O.A.E.

Dans le cas de CSS1 seul, la baisse du temps de réglage est due à un bon fonctionnement du cyclotron injecteur, à des paramètres bien maîtrisés maintenant sur le reste de la machine.

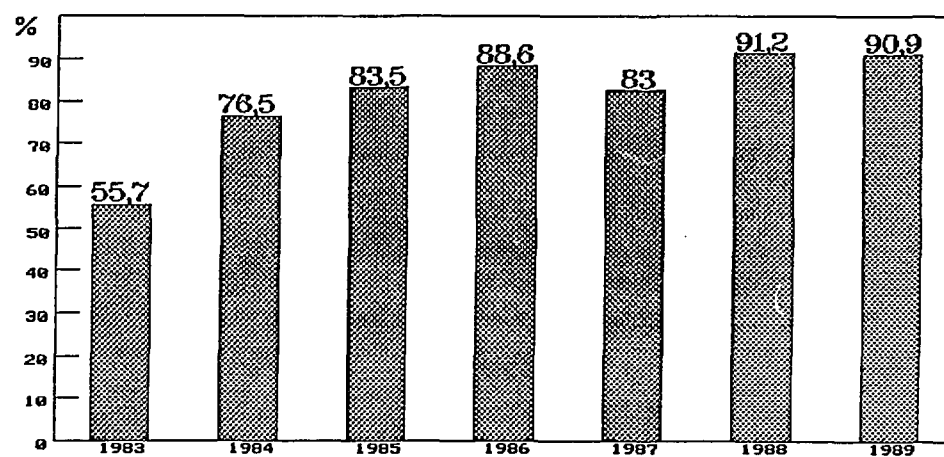
Depuis janvier 1983, le GANIL a fonctionné pendant 31056 heures dont 68% représentent le temps sur cible pour les utilisateurs.

Avec les sources ECR1 et 3, 48 particules de masses comprises entre 12 (carbone) et 208 (plomb), dans la gamme d'énergie de 3,6 à 95 MeV par nucléon, ont été accélérées.

Temps total affecté à la physique



Disponibilité réelle moyenne



1.6.Les faisceaux et la physique en 1989

2	3	4	5	6	7
10/07 28/07	21/08 08/09	18/09 06/10	09/10 27/10	06/11 30/11	04/12 18/12
Xe 43/NF	Xe 45 49/D	Kr 8 28/D	Ne 48 31/D	Pb 29 59/D	Kr 8 19/D
UGSII/5	UGSII/12	28/G4	63/G3	9/D1	9/STB&ET
O 95 74/CI	15/REGL	9/G4	Kr 60 20/CI	119/G22	5/REGL
41/G1	19/G4	Ar 70 38/CI	10/EM	3/EM	10/G4
107/G3	56/D3	EM/4	6/G1	O 50 26/CI	10/STB&ET
Xe 12/REGL	28/G22	111/G22	9/G4	18/G4	14/UGSII
48/FAIS	32/G1	Pb 29 69/NF	10/G1	96/D3	12/STB&RG
Xe 44 24/CI	28/G22	Ar 42 30/CI	132/G4	Xe 43 24/CI	12/G4
11/G4	60/G3	107/G3	Kr 33 6/CE	22/G4	Kr 9 13/CI
11/D4	24/G4		13/G1	Ar 70 22/CI	20/G4
61/G3	O Pb 29 60/NF		19/D1	30/G4	25/ET.SME
			15/D3	3/REGL	Kr 8 14/CI
			9/EM	92/G1	9/STB&ET
			9/D1	4/CE	4/REGL
			5/EM	51/G1	10/G4
			Xe 44 19/CI		10/STB&ET
			44/EM		3/RGL.SME
			UGSII/16		13/SME
					11/STB&ET
					13/G4
					10/EM
					3/REGL
					11/G4
					35/UGSII
					39/EM
					3/UGSII

LEGENDE :

N° de TRIO

2

dates

du

02/03

au

20/03

Ar 45 Particule Energie MeV/A

25/G1 Heures passées/salle

D Démarrage

EM Etudes Machine

NF Essais Nouveaux Faisceaux

STB&ET Stand by & études techniques

CI Changement d'ion

CE Changement d'énergie

Temps attribué aux expériences de physique

NOM	N° EXPERIENCE	REALISE (heures)
AGUER	E124a	107,00
STUDER	P132	9,50
HANSEN-MUELLER	E133	96,00
PLAGNOL	E135	32,00
BALANZAT-TOURILLON	P135	19,00
PATRY	E136	30,;00
BROU	E137	144,00
LEBRUN-LE BRUN	E140	141,50
FRASCARIA	E141	170,50
TASSAN-GOT	E143	60,00
REMILLEUX	P143	56,00
VILLARI	E145	61,00
MARTIN	P145	28,50
LACEY	E146	111,25
JACQUET	E147	118,50
GUERREAU	E148	15,00
ROSET	P148	15,00
GRANDIN	P149	67,00
BIETH	190	39,50
B S I	191	64,75
MATRA	192	115,25

Taux d'occupation des salles de physique en 1989

	NOMBRE D'OCCUPATIONS	HEURES cumulées	%
D1	2	38,00	2,46
D2	0	0,00	0,00
D3/D4	5	234,00	15,17
D5	0	0,00	0,00
G1	3	206,00	13,36
G2/D'2	3	285,75	18,53
G3	5	398,50	25,84
G4	9	380,00	24,64
TOTAL	27	1542,25	100

Liste des ions accélérés en 1989

ION	CHARGE	ENERGIE MeV/A	HEURES TOTALISEES	REPRESENTATION PROPORTIONNELLE DES HEURES DE FONCTIONNEMENT TOTALISEES
O 16	4/8	95	222,50	*****
O 18	3/8	50	140,50	*****
Ne 20	3/10	48	95,00	*****
Ar 36	5/17	42	151,00	*****
Ar 40	7/17	70	355,75	*****
Kr 84	14/33	60	188,00	*****
Kr 84	14/36	33,2	77,00	*****
Kr 86	13	8	347,25	*****
Kr 86	14	9,36	57,75	*****
Xe 129	18/44	44	542,00	*****
Xe 129	20/44	42,8	45,75	***
Pb 208	23/56	29	190,50	*****

o Nouveaux faisceaux produits en 1989

* = 12 heures

12 Faisceaux ont été accélérés pour les utilisateurs, dont 5 nouveaux.

FAISCEAUX ACCELERES PAR GANIL
AVEC LA SOURCE ECR3 au 1/01/90 (après l'O.A.E.)

ION/M	Etat de charge	Fréquence HF (MHz)	Energie finale (MeV/nucléon)	Intensité sur cible	
				pps x 10 ¹¹	électrique en nAe
O 16	4/8	13,37	95	11,7	1500
(1)O 18	3/8	10,1	50	11,7	1500
Ne 20	3/10	9,893	48	21,87	3500
(1)Ar 36	5/17	9,31	42	3,67	1000
Ar 40	7/17	11,77	70	3,67	1000
(3)Kr 84	14/33	11	60	2,8	1500
(1)Kr 84	14/36	11	33 ralenti		
Xe 129	20/44	9,4	42,8	0,95	700
(2)Xe 129	18/44	9,52	44	1,09	800
(4)Pb 208	23/56	7,82	29	0,049	45
			CSS1 seul		
Kr 86	13	10,214	7,9	9,6	2000
Kr 86	14	11	9,1	9,6	2000

(1) enrichi 99% ; (2) enrichi 70% ; (3) enrichi 90% ; (4) naturel

CARACTERISTIQUES DES FAISCEAUX GANIL
MESUREES AVEC ECR3 au 1/01/90 (après l'O.A.E.)

IONS	Energie Sortie CSS2 MeV par nucléon	Sortie injecteur				Sortie CSS2			
		I (μAe)	± ΔW/W mi hauteur x 10 ⁻³	Emittance π.mm.mrad (à 80%)		I (μAe)	±ΔW/W mi hauteur x 10 ⁻³	LONGUEUR EN TEMPS DES PAQUETS ET INTENSITE	
				H	V			Δt ns	I nAe(CF44)
¹⁶ O ^{4/8+}	95	0,51	1,77					0,5	130
¹⁸ O ^{3/8+}	50	2,32							
²⁰ Ne ^{3/10+}	48	3,85	1,20			0,99	0,32		
³⁶ Ar ^{5/17+}	42	0,65	1,70			0,49	0,5		
⁴⁰ Ar ^{7/17+}	70	2,4	1,79			1,24	0,79	0,5	340
⁸⁴ Kr ^{14/36+}	**33,2	1,66	1,49						
⁸⁴ Kr ^{14/33+}	60	1,66	1,49			0,89	0,59	0,60	900
¹²⁹ Xe ^{20/44+}	42,8	1,25	1,79						
¹²⁹ Xe ^{18/44+}	44	2,10				0,707	0,9	0,2	18
²⁰⁸ Pb ^{23/56+}	29	0,95				0,047	0,61	1,9*	30
	CSS1 seul								
⁸⁶ Kr ¹³⁺	8	4,6	1,30	13	19	3,8			
⁸⁶ Kr ¹⁴⁺	9,36								

* Accélération dans CSS2 avec des tensions inégales sur les cavités

** Faisceau ralenti

2. ETUDES MACHINE

2.1.ACCELERATION D'UN FAISCEAU DE $^{208}\text{Pb}^{23/57+}$ (W = 29 MeV/A ; F = 7,82 MHz)

Cette étude machine avec un faisceau de Pb a démarré le 27 septembre 1989 à 16 heures.

Le réglage de la source a demandé 5 heures environ, pour obtenir une intensité stable.

Après réglage de l'injection axiale et du CO₂, les intensités suivantes sont obtenues :

CF4	5300 nA (*)
IP2 (25ème tour)	615 nA
L1.TI22	510 nA
L1.CF23	430 nA
L1.CF41	350 nA

(*) Sauf indication contraire, les intensités du faisceau sont toujours données en valeurs électriques.

Malgré toutes les vérifications effectuées au niveau du vide dans CO₂, les rendements de CO₂ ne sont guère meilleurs, par rapport au premier essai du 7 septembre 1989. Il faut cependant noter que l'on obtient 5,3 μA sur CF4 (au lieu de 3 μA la première fois) et que cette intensité restera stable jusqu'à la fin de l'étude.

En ce qui concerne le rendement de L1, il a été amélioré entre CF23 et CF41 (81% au lieu de 50% la première fois) par un meilleur réglage de la ligne.

Le réglage de CSS1 a donné lieu à quelques difficultés. Pour réduire la précession, il a fallu déséquilibrer légèrement le magnétisme des secteurs. Le rendement de CSS1 était de 90% :

379 nA à l'injection
341 nA à l'éjection

Un deuxième réglage de CSS1 a été effectué après recyclage complet de tous les aimants sans déséquilibrer les secteurs, c'est à dire en acceptant la précession telle qu'elle se présentait. Aucune difficulté majeure n'a été rencontrée. Il semblerait donc qu'il soit préférable de ne pas consacrer trop de temps à réduire la précession.

La proportion des différents états de charge obtenus est la suivante :

58+ = 0,40
57+ = 1 (référence)
56+ = 1,86
55+ = 2,78
54+ = 3,03
53+ = 2,46

épaisseur de la feuille d'épluchage : 212 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$.

Malgré le faible rendement constaté, CSS2 a été réglé avec l'état de charge 57+. Les résultats obtenus sont tout à fait satisfaisants, puisque pour 340 nA à l'éjection de CSS1 et 37 nA à l'injection de CSS2 ont été obtenus à l'éjection : 22 nA. Il faut noter que les réglages ont été faits avec des tensions accélératrices inférieures aux valeurs théoriques, la tension de la cavité Nord ne pouvant atteindre les valeurs habituelles.

Une fois CSS2 réglé, l'essai suivant a été réalisé : la tension des cavités HF a été diminuée, et pour chaque valeur le courant injecté a été mesuré. Compte tenu des résultats obtenus, il semblerait que l'on puisse fonctionner à cette fréquence avec des tensions de l'ordre de 55-50 kV si cela s'avérait nécessaire, mais probablement avec une perte d'intensité.

CSS2 a ensuite été réglé avec l'état de charge 56+ : les aimants ont été réglés aux nouvelles valeurs mais sans cyclage donc dans des conditions non idéales. Avec 177 nA à l'éjection de CSS1 et 45 nA à l'injection, on a obtenu 27 nA à l'éjection.

Les résultats de cette étude sont satisfaisants puisque, compte tenu de tous les problèmes liés à la machine (vide, cavité HF etc...), on obtient entre 20 et 30 nA de Pb (selon l'état de charge choisi) dans la ligne L3.

2.2.PERTE DE FAISCEAU PAR ECHANGE DE CHARGE DANS CO₂

a. motifs de l'étude

Depuis le démarrage de l'O.A.E., il est apparu que dans certains cas, pour les ions lourds fortement chargés comme Kr^{13+} , Xe^{18+} ou Pb^{23+} , l'enregistrement du courant total de CO₂ en fonction du nombre de tours montrait une pente négative, laissant soupçonner une perte

**Rendement de C02
en fonction de la pression
(Xe 18+ 0.5 MeV/A)**

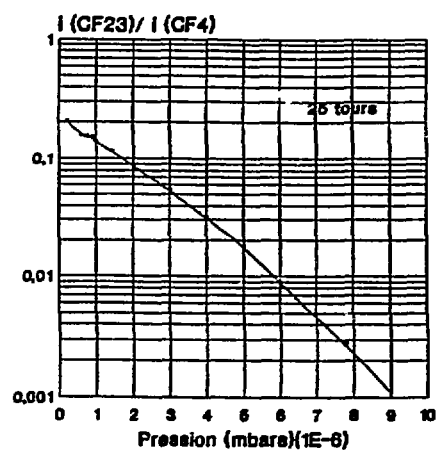


Figure 1

**Rendement de C02
en fonction de la pression
(Pb 23+ 0.33 MeV/A)**

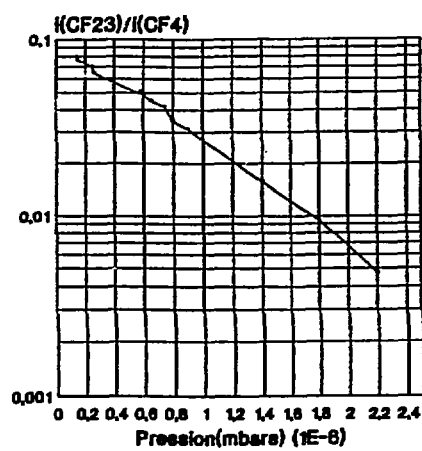


Figure 2

**Transmission de C02
en fonction de la pression**

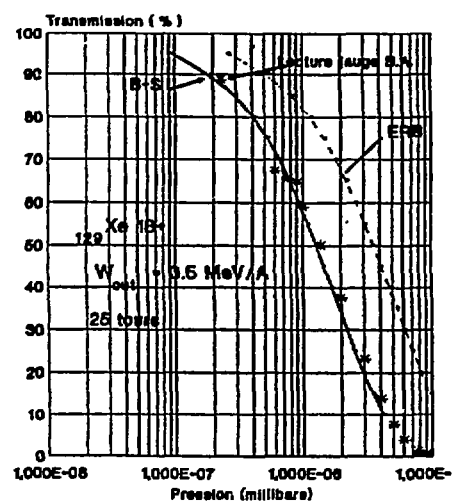


Figure 4

**Transmission de C02
en fonction de la pression**

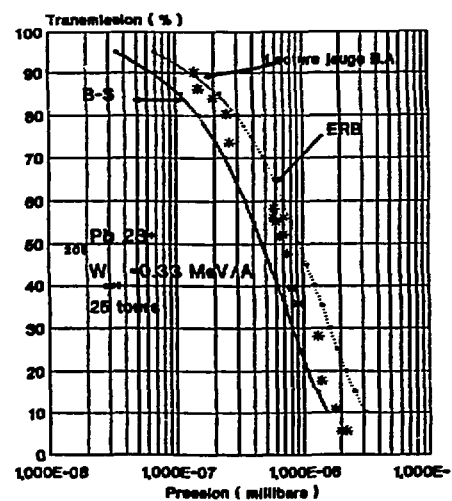


Figure 5

**Composition du gaz résiduel
(équivalent N2) dans l'injecteur
Pression totale: 2.3E-7 mbar**

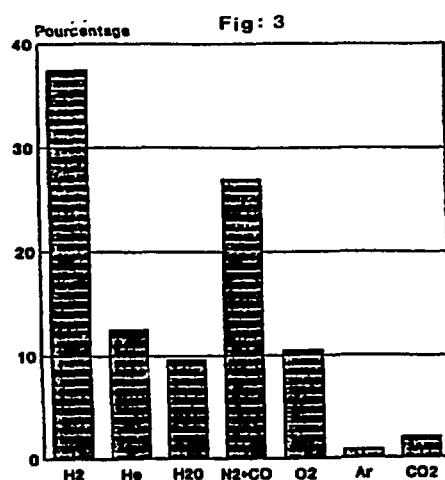


Fig: 3

progressive du faisceau par échanges de charge avec les atomes des gaz résiduels. On a donc entrepris des mesures visant à éclaircir ce point et à comparer la mesure de ces pertes à ce qui avait été prévu lors de la conception de l'O.A.E. (voir CRG/05/85 du 20/03/85 et rapport GANIL 88/32/11/11 du 19/1/88), à savoir que dans les cas les plus défavorables, il suffirait que la pression soit de 1.10^{-7} torr pour assurer une transmission de 80%.

On a étudié 2 cas : $^{129}\text{Xe}^{18+}$ à 9,52 MHz et $^{208}\text{Pb}^{23+}$ à 7,82 MHz ; pour chacun, on a procédé de la façon suivante :

- Mesure de la composition du gaz résiduel de CO_2 qui était toujours à la pression habituelle de fonctionnement.

- Remontée progressive de la pression par des combinaisons de fermeture des vannes des 4 pompes (3 cryogéniques, 1 turbomoléculaire).

- A chaque palier de pression, lecture successive des intensités injectées (CF_4) et extraites (CF_2) et enregistrement de l'indication de la jauge Bayard-Alpert placée sur la chambre d'accélération, au voisinage de la pompe turbomoléculaire.

- Quelques points étaient mesurés à nouveau à la redescende en pression, pour contrôle.

L'extrapolation vers zéro de l'évolution du rapport : courant CF_2 /courant CF_4 porté en fonction de la pression (voir figures 1 et 2) donne très exactement la transmission du CO_2 pour une pression rigoureusement nulle, soit (le jour de l'expérience) : 23% pour Xe^{18+} et 8,8% pour Pb^{23+} (dans ce dernier cas, le réglage du CO_2 était imparfait). On en tire la transmission relevant uniquement des échanges de charge à partir de l'expression :

$$T(\text{totale}) = i\text{CF}_2/i\text{CF}_4 \\ = T(\text{vide}) \times T(\text{autres facteurs})$$

Les "autres facteurs" étant par exemple l'acceptance de CO_2 , le rendement de l'éjection ou une éventuelle dérive par rapport au réglage initial, etc ...

La mesure de la composition du gaz résiduel, intéressante pour comparer avec les calculs prévisionnels, n'a pu être faite que pour l'accélération du Xe (figure 3), alors que la tête d'analyse se trouvait sur la cavité HF ; la tentative de déplacer cette mesure à côté de la jauge Bayard-Alpert, sur l'enceinte d'accélération, a échoué, les mesures étant perturbées par le champ magnétique de fuite.

b. résultats

Les résultats sont illustrés par les figures 4 et 5 où l'on a porté, à côté des valeurs expérimentales, deux lois de prévision :

- L'une appelée B-S (Betz et Schmelzer) est celle qui avait été utilisée pour toutes les études préliminaires du vide GANIL.

- L'autre, d'après des mesures de sections efficaces obtenues par W. Erb, qui est probablement meilleure dans le domaine d'énergie du CO_2 .

On voit que les résultats expérimentaux bruts sont, soit sur la courbe B.S (Xe) soit entre les deux (Pb). En fait, en se basant sur des mesures de pression faites au centre du CO_2 par rapport à la valeur Bayard-Alpert, il faudrait en toute rigueur translater ces points expérimentaux vers la droite en multipliant leur abscisse par au moins 2. Il n'en demeure pas moins que, la jauge Bayard-Alpert étant la référence, on obtient une transmission de 90% à :

- $2,3.10^{-7}$ mbar pour Xe^{18+}
- et :

- $1,4.10^{-7}$ mbar pour Pb^{23+}

c. conclusions

- Les résultats des mesures montrent que les calculs de prévision de 1985 et 1988 étaient un peu pessimistes.

- Une décroissance importante de l'intensité en fonction du rayon dans CO_2 ne doit pas être systématiquement attribuée à la pression.

2.3. ETALONNAGE DE LA MESURE D'ENERGIE DU FAISCEAU A LA SORTIE DE CO_2

L'énergie à la sortie du CO_2 ne peut être connue avec exactitude qu'en la mesurant avec le spectromètre alpha, mais cette mesure demande du temps et ne peut être faite à chaque réglage. On peut faire une mesure rapide mais approchée à partir de la fréquence donnée par la sonde RMN du dipôle L1.D4P.

D'autre part, le programme PARAM nous donne l'énergie théorique que l'on doit avoir à la sortie de CO_2 pour injecter le faisceau dans de bonnes conditions dans le CSS1.

En pratique, lors d'un réglage, on affiche le courant dans le dipôle L1.D4P donné par PARAM et on ajuste l'énergie du faisceau sortant du CO_2 de façon à avoir la déviation voulue avec L1.D4P. On mesure ensuite la fréquence de la

sonde RMN située dans L1.D4P. A partir de cette fréquence on calcule l'énergie approximative du faisceau. Le réglage de C02 est repris si cette énergie mesurée est différente de celle calculée par PARAM.

Le champ magnétique vu par la sonde RMN est représentatif à un coefficient près de la longueur magnétique BL du dipôle L1.D4P. Le coefficient dépend de la position de la sonde et varie en fonction de l'induction dans le dipôle. Cette fréquence RMN mesurée, doit se rapprocher le plus possible de celle calculée par PARAM à partir d'un fichier de cartes de champ.

Le faisceau utilisé le 6 octobre 1989 était :

$^{36}\text{Ar}^{5/17+}$; $W = 42 \text{ MeV/A}$;

$F_{\text{HF}} = 9,341 \text{ MHz}$

Energie théorique à la sortie de C02 :
0,4727 MeV/A

BR théorique : 0,7137 T.m

valeurs	Energie (MeV/A)	Ecart relatif avec la valeur théorique (%)	BR (T.m)	Ecart relatif avec la valeur théorique (%)
théoriques (PARAM)	0,4727	0	0,7137	0
mesurées avec L1.D4P	0,4688	- 0,825	0,70971	- 0,559
mesurées avec le spectro α	0,4663	- 1,354	0,70786	- 0,818

Tableau 1

Les valeurs indiquées dans le tableau 1 montrent que l'énergie mesurée par les deux méthodes était plus basse que l'énergie théorique donnée par PARAM ; cela aurait pu être corrigé au moment du réglage du C02.

L1.D4P nous donne une mesure d'énergie de 0,53% en excès par rapport à celle du spectro α considérée comme exacte. De même pour BR on a 0,26% en excès.

conclusion

La mesure de l'énergie avec L1.D4P présente un défaut probablement dû au positionnement de la sonde RMN. D'autres étalonnages à un BR différent permettront de corriger l'erreur de mesure faite avec L1.D4P.

2.4.MESURES DE DISTRIBUTIONS D'ETATS DE CHARGE DE Kr et Xe

a. but des mesures

Affiner la connaissance et la prévision des distributions d'états de charge des faisceaux d'ions lourds épluchés par des cibles de carbone aux énergies O.A.E. ; de même pour les épaisseurs d'équilibre.

b. méthode

On utilise le séparateur d'états de charge situé après l'éplucheur. L'intensité du faisceau incident est mesurée au départ sur la coupelle de Faraday L2.CF11 ainsi que sur le transformateur d'intensité L2.TI12, ce dernier servant de moniteur pour chaque mesure (figure 1). Chaque composante du faisceau épluché est ensuite mesurée sur la coupelle de Faraday L2.CF32 par variation du champ des dipôles L2.D31 et 32. Pour contrôle, on mesure aussi en début et en fin de mesure l'intensité totale du faisceau épluché sur la coupelle de Faraday L2.CF23 placée immédiatement derrière la feuille d'épluchage : lorsque le faisceau est bien stable, la somme des courants mesurés sur CF32 doit être égale à la mesure de CF23.

Chaque courant est ensuite divisé par l'état de charge pour normaliser la distribution, calculer chaque probabilité ainsi que la valeur moyenne Q ; pour les cibles les plus épaisses, (on peut alors considérer que l'équilibre est atteint), on calcule aussi l'écart type d .

c. résultats

Trois faisceaux ont été étudiés :

- Kr ($A = 86$, $Q_i = 13^+$) à $W = 7,965 \text{ MeV/A}$
- Kr ($A = 86$, $Q_i = 14^+$) à $W = 9,314 \text{ MeV/A}$
- Xe ($A = 129$, $Q_i = 18^+$) à $W = 6,785 \text{ MeV/A}$

où W est l'énergie d'entrée, mesurée en voie test CSS1 avec la première section du spectromètre α . Dans le second cas, on a pu éplucher avec des épaisseurs de cible différentes.

Les résultats sont présentés dans les tableaux 1, 2 et 3. On a représenté sur les figures 2, 3 et 4 les distributions mesurées comparées à celles calculées par les formules utilisées habituellement à GANIL. Pour le Krypton, la dissymétrie observée dans les deux distributions

CF32

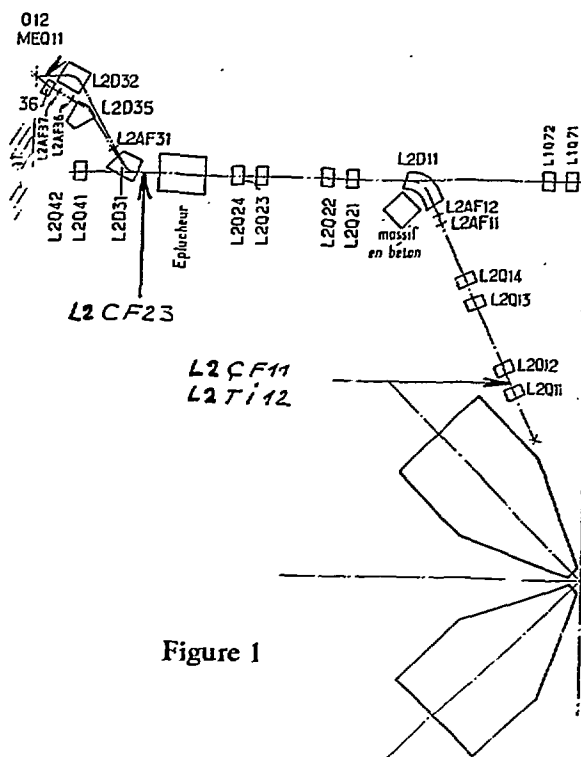


Figure 1

ETATS DE CHARGE DU KRYPTON

$W = 7,965 \text{ MeV/A}$

Cible carbone $225 \mu\text{g/cm}^2$

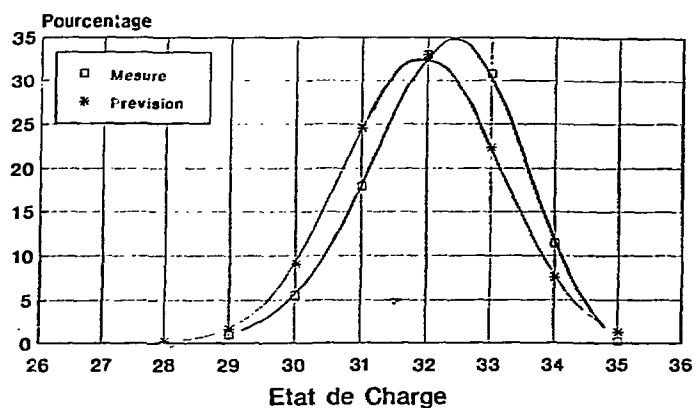


Figure 2

ETATS DE CHARGE DU KRYPTON

$W = 9,314 \text{ MeV/A}$

Cible carbone $300 \mu\text{g/cm}^2$

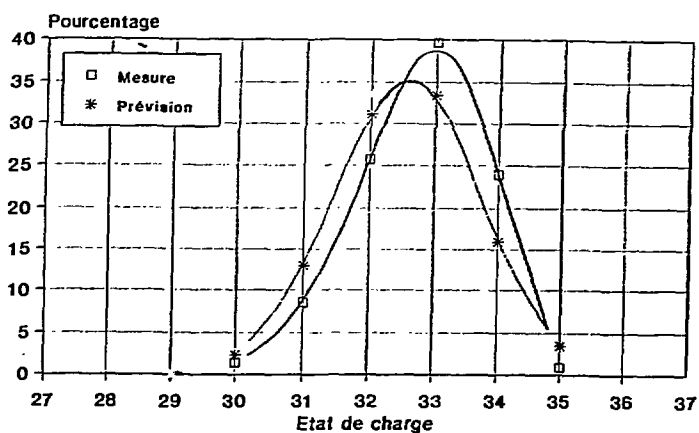


Figure 3.

EVOLUTION DES ETATS DE CHARGE

Kr 14^+ $W = 9,314 \text{ MeV/A}$

Cible carbone

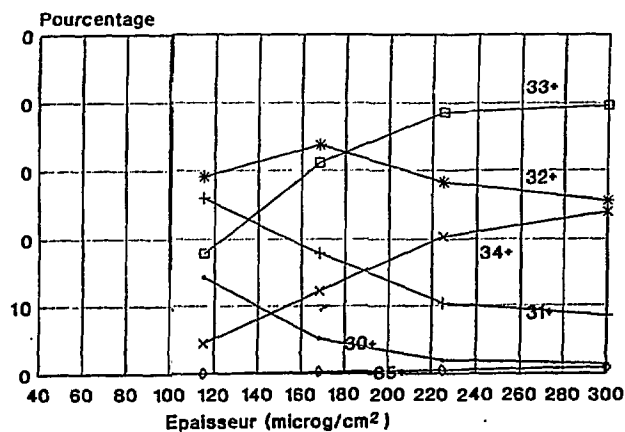


Figure 5.

ETATS DE CHARGE DU XENON

$W = 6,785 \text{ MeV/A}$

Cible carbone $241 \mu\text{g/cm}^2$

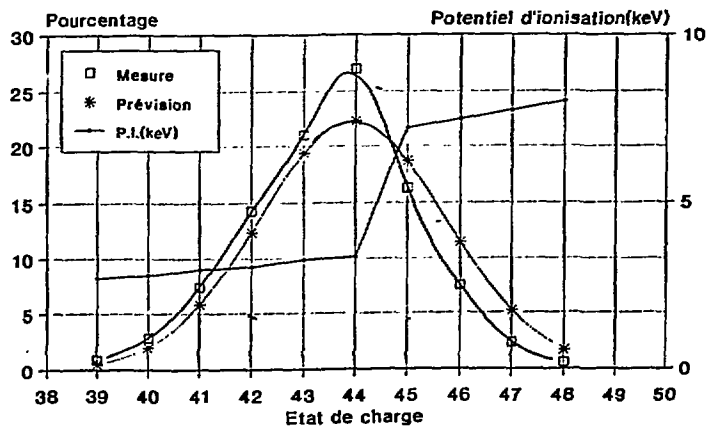


Figure 4.

expérimentales est évidemment due au saut d'énergie de liaison entre les couches L et K (de 4 keV pour le 34⁺ à plus de 16 keV pour le 35⁺) ; les valeurs moyennes sont cependant très proches des valeurs prévues. Il en est de même pour le xénon (figure 4), la transition L-M se trouvant pratiquement au milieu de la distribution.

Le tracé de l'évolution des états de charge en fonction de l'épaisseur de cible dans le cas du krypton à 9,314 MeV/A (figure 5) montre que, comme prévu, l'équilibre n'est atteint que vers 300 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$.

Q	P (Q) %
29	1,02
30	5,51
31	17,89
32	33,05
33	30,86
34	11,42
35	0,25
q	32,22
d	1,108

$^{86}\text{Kr}^{13+}$ - $W = 7,965 \text{ MeV/A}$ -
 $x(\text{carbone}) = 225 \mu\text{g}/\text{cm}^2$

Tableau 1

Q	P (Q) %			
	[en fonction de l'épaisseur ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)]			
	115	168	225	300
28 + 29	8,43			
30	14,10	5,22	2,00	1,41
31	26,04	17,78	10,33	8,53
32	29,13	33,65	28,31	25,61
33	17,76	31,07	38,52	39,61
34	4,54	12,06	20,34	23,95
35	0	0,22	0,49	0,89
q	31,43	32,28	32,66	32,79
d				0,977

$^{86}\text{Kr}^{14+}$ - $W = 9,314 \text{ MeV/A}$

Tableau 2

Q	P (Q) %
39	0,86
40	2,84
41	7,34
42	14,32
43	20,99
44	26,97
45	16,30
46	7,45
47	2,38
48	0,56
q	43,54
d	1,631

$^{129}\text{Xe}^{18+}$ - $W = 6,785 \text{ MeV/A}$ -
 $x(\text{carbone}) = 241 \mu\text{g}/\text{cm}^2$

Tableau 3

2.5.MESURE DE L'EMITTANCE TRANSVERSALE ET LONGITUDINALE DU FAISCEAU SORTANT DE L'INJECTEUR CO2.

L'opération augmentation d'énergie (O.A.E.) a demandé plusieurs modifications de l'injecteur CO2. Dans le but de connaître les nouvelles caractéristiques du faisceau sortant de l'injecteur, nous avons procédé à des mesures de l'émittance transversale et longitudinale du faisceau.

2.5.1.Mesure de l'émittance transversale

a. Méthode de mesure

La méthode utilisée est celle du scanning, nous n'en donnerons que les grandes lignes. Le faisceau est balayé par une fente mince de 0,1 mm de largeur tant dans le plan horizontal que vertical. La figure 1 montre le schéma de principe de la méthode. Une sonde de profil P_2 est placée en aval de la fente à une distance L. Nous mesurons sur chaque fil de la sonde de profil la variation du potentiel due à l'émission des électrons secondaires. Cette variation est proportionnelle au nombre d'ions frappant le fil. A ces signaux, nous retranchons le signal de bruit de fond mesuré sans faisceau incident sur la sonde de profil.

Afin d'éviter les erreurs pouvant venir d'une variation de l'intensité du faisceau I_f , nous normalisons les courants lus sur les fils en utilisant le transformateur d'intensité situé en amont de la fente. Cette sonde nous donne une mesure de courant proportionnelle au courant I_f .

A partir des courants I_{ij} (i : position de la fente ; j : numéro du fil touché) sur les fils de la sonde P_2 , nous pouvons déduire les moments d'ordre 0, 1 et 2, et ainsi obtenir les paramètres de l'ellipse d'émittance R.M.S. (l'émittance pratique est prise égale à 4 fois l'émittance R.M.S.)

b. Résultats

La figure 2 montre les résultats de la mesure obtenus avec un faisceau de $^{86}\text{Kr}^{13+}$ de 0,577 MeV par nucléon pour les deux plans. Sur cette figure les ellipses d'émittance transversale sont tracées pour différentes valeurs de seuils, allant de 10 à 97% du faisceau total incident.

c. conclusion

Cette mesure a permis de connaître l'émittance transversale dans la ligne L1 après les modifications apportées par l'O.A.E. Nous remarquons que plus de 80% du faisceau se trouve dans une émittance de moins de $20 \pi \cdot \text{mm} \cdot \text{mrad}$.

2.5.2. Mesure de l'émittance longitudinale

a. Méthode de mesure (figure 6)

La mesure consistait à ne prendre qu'une toute petite partie du spectre en énergie du faisceau sortant de l'injecteur CO2 au moyen d'une fente de 0,5 mm de largeur, située au point image du spectro BE (L1.FH41D et L1.FH41G). Le spectre en temps de la portion de faisceau transmise était mesuré à l'aide d'une sonde de phase (L1.PE52) placée à 22,60 m de la sortie du CO2.

b. Résultats

Nous avons fait le scanning entre +5 et -5 mm. Le tableau 1 résume les principaux résultats. Pour chaque position centrale des fentes 41 nous avons mesuré l'intensité transmise à l'aide d'un cylindre de Faraday placé en aval des fentes de limitation d'énergie.

Position FH41.D (mm)	Position FH41.G (mm)	I CF41 (nA)	$\Delta\phi_{\text{piéd}}$ (° HF)	$\Delta\phi_{1/2 h}$ (° HF)	$\Delta\phi_{\text{centre}}$ (° HF)
+ 5,01	+ 4,51	20	16,4	3,6	13,6
+ 4	+ 3,5	30	21,6	5,6	10,8
+ 3	+ 2,5	35	26	6	7,2
+ 2	+ 1,5	53	20	5,2	5,6
+ 1	+ 0,5	80	22	4,4	2
+ 0,24	- 0,24	250	24	5,8	0
- 1	- 0,5	145	22	4,4	- 1,6
- 2	- 1,5	120	24	4	- 4,4
- 3	- 2,5	55	25,2	3,2	- 7,2
- 4	- 3,5	27	18	4	- 10,4
- 5	- 4,5	11	14	1,6	- 12,8

Tableau 1 : Mesure de l'ellipse d'émittance longitudinale du faisceau de $^{86}\text{Kr}^{13+}$ à 0,577 MeV par nucléon.

La figure 3 montre un exemple de spectre obtenu sur la sonde L1.PE52 pour les fentes L1.FH41D à -1 et L1.FH41G à -0,5 mm.

La figure 4 montre l'ellipse d'émittance longitudinale mesurée. Elle est représentée par les carrés. Nous pouvons remonter à l'ellipse d'émittance à la sortie de l'injecteur en appliquant la transformation suivante point à point (elle est représentée par des ronds) :

$$\Delta\phi_{\text{CO2}} = \Delta\phi_{\text{PE}} - \frac{hD}{2R} \frac{180}{\pi} \left(\frac{\Delta W}{W} \right)$$

où h est l'harmonique de la fréquence HF du CO2, D la distance entre le CO2 et la sonde de phase L1 PE52, R le rayon d'éjection du CO2 et $\Delta W/W$ la dispersion d'énergie. La phase est donnée en degré HF.

La relation entre la position centrale de la fente et l'écart d'énergie est donnée par la formule suivante :

$$\frac{\Delta W}{W} = \frac{2 \cdot 10^{-3}}{3} \Delta x \quad (\Delta x \text{ en mm})$$

Dans le cas étudié ces valeurs sont les suivantes :

$$\begin{aligned} h &= 3 \\ D &= 22,60 \text{ m} \\ R &= 0,488 \text{ m} \end{aligned}$$

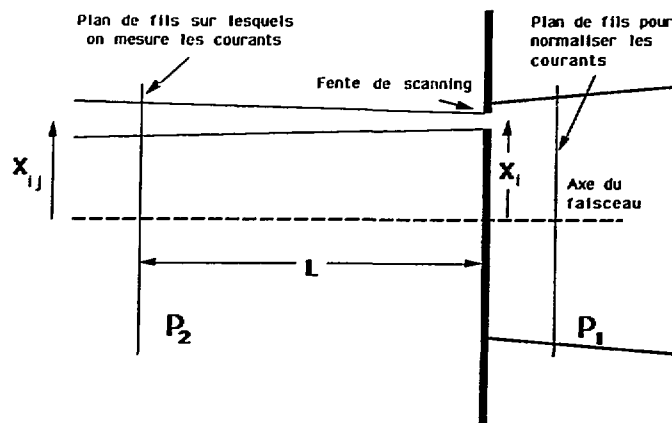
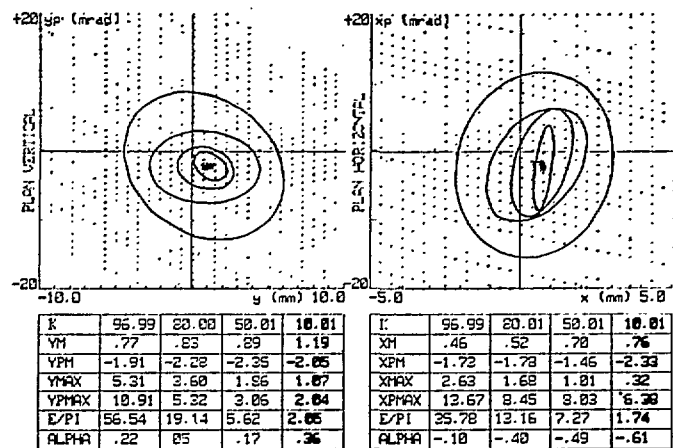


Figure 1 : Schéma de principe de la méthode de mesure de l'ellipse d'émission transversale par scanning.



KR 86,12/13+, 81EV/A 17.12.89*05H44 LIQNE L1

Figure 2 : Emittance transversale du faisceau de ^{86}Kr sortant du C02 au point objet du spectro basse énergie. K indique la valeur du seuil appliquée pour déterminer l'ellipse d'émission.

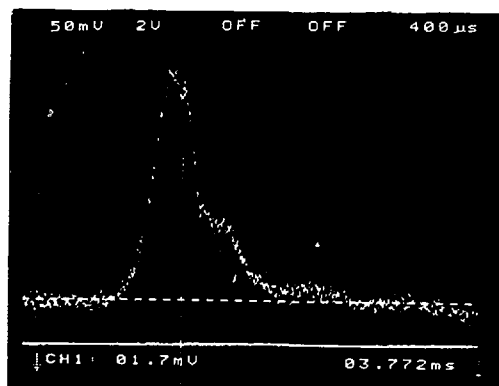


Figure 3 : Exemple de spectre obtenu avec la sonde L1.PE52 pour les fentes L1.FH41D et G placées à -1 et -0,5 mm respectivement.

Emittance longitudinale du C02

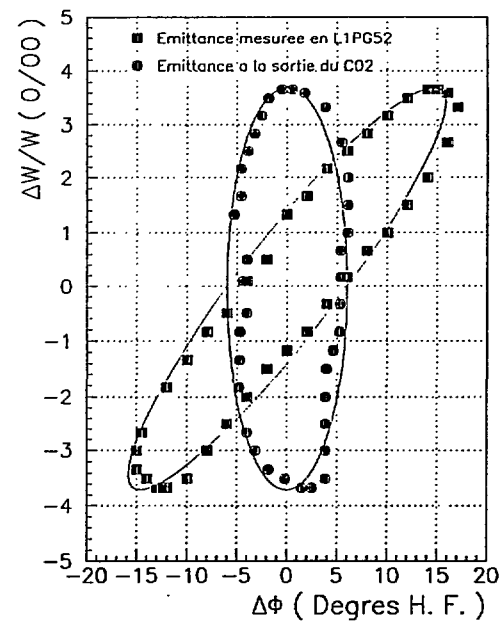


Figure 4 : Sur cette figure, sont représentées les ellipses d'émission longitudinales. Les carrés représentent la différence de phase prise à ± 2 fois la longueur à mi-hauteur. Les cercles représentent l'ellipse après transformation.

Intensité du faisceau vs $\Delta W/W$

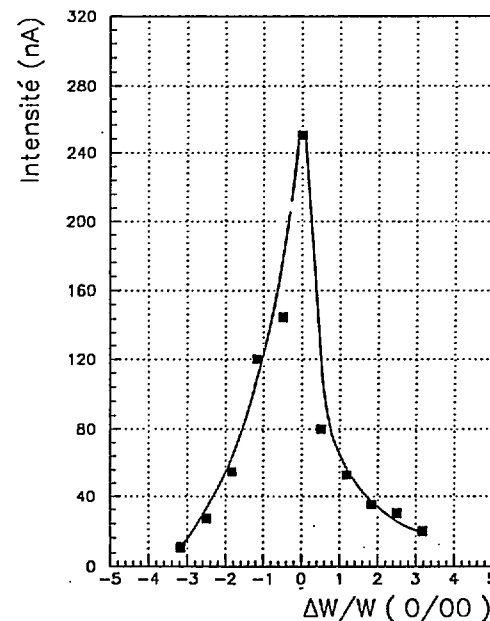


Figure 5 : Intensité du faisceau en fonction de l'écart en énergie en L1.FH41.

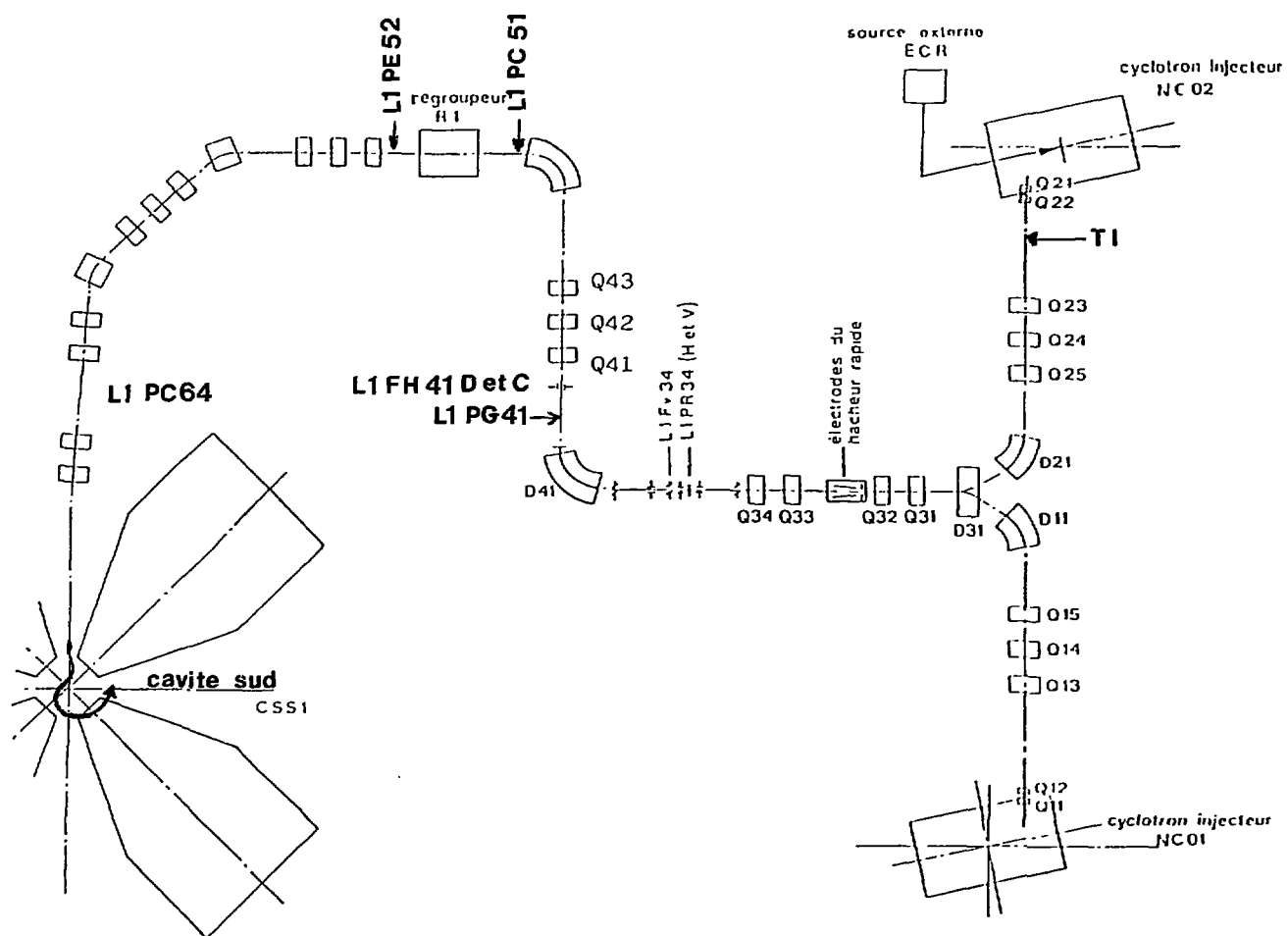


Figure 6

Sur la figure 5 nous avons les intensités en fonction de $\Delta W/W$. Comme nous pouvons le constater sur cette figure l'intensité chute de plus d'un facteur 10 pour un $\Delta W/W$ de plus de 0,3%.

c. conclusion

Comme nous pouvions nous y attendre avec une machine isochrone, cette mesure montre que

l'ellipse $(\frac{\Delta W}{W}, \phi)$ est dans ses axes principaux à la sortie de l'injecteur CO2. Nous avons un $\Delta\phi$ de $\pm 6^\circ$ HF, valeur plus grande que dans la version précédente d'avant l'O.A.E qui était de $\pm 2^\circ$ HF.

Cette mesure nous indique qu'il serait maintenant intéressant de faire de la compression de phase dans le CSS1 afin de réduire l'élargissement en phase du faisceau à la sortie CSS1.

2.6. MESURE DE LA DISPERSION EN ENERGIE D'UN FAISCEAU D' ARGON RALENTI A VITESSE 2/3.

a. motifs de l'étude

Ces mesures ont été effectuées afin de préparer les essais de mesures de masses avec CSS2. Pour faire ces mesures de masses, nous devons régler le CSS2 avec un faisceau ralenti à la vitesse 2/3 de la vitesse initiale. Lors du premier essai, nous avons estimé que l'intensité nominale permettant de régler correctement le CSS2 était d'environ 20 nA. Nous avons donc ralenti un faisceau de 2,5 μA de ^{40}Ar au 2/3 de sa vitesse, afin d'en mesurer les caractéristiques et aussi de connaître le comportement des cibles de carbone soumises à une aussi haute intensité.

b. méthode utilisée

Le faisceau de CSS1 de 10,445 MeV/A était ralenti à 4,568 MeV/A au moyen d'une mince feuille de carbone de 70 μm d'épaisseur tournée à $35,7^\circ$. Le faisceau ainsi ralenti était envoyé vers le spectromètre alpha pour analyse. Nous avons sélectionné l'état de charge le plus abondant 16^+ et nous avons obtenu 90 nA dans le cylindre de Faraday de 30 mm de diamètre avec une dispersion en énergie $\Delta W/W$ de 0,4%. Si nous tenons compte du fait que l'état de charge ne devrait pas être pur, nous pouvons estimer le courant de $^{40}Ar^{16+}$ au minimum à 50 nA avec une

dispersion de 0,4% pour une intensité incidente de 2,5 μA .

c. conclusion

Ces mesures montrent que nous pouvons obtenir l'intensité nominale, permettant de régler le CSS2 avec un faisceau ralenti à vitesse 2/3.

De plus, elles nous ont montré que la cible de carbone peut supporter une forte intensité pendant près de 2h sans montrer de signe de dégradation.

2.7 COMPRESSION DE PHASE DANS CSS1

Etant donné l'augmentation de l'émittance longitudinale de CO2 ($\Delta\phi = \pm 6^\circ$) une compression de phase doit être effectuée. Une première étude a été réalisée en décembre 1989. Les résultats préliminaires montrent que, pour une loi de champ théorique, on obtient bien un effet de compression de phase. D'autres études sont nécessaires pour mieux fixer les paramètres de cette loi de compression.

3.ETUDES TECHNIQUES

3.1.EVOLUTION DES TACHES DE REGLAGE.

L'essentiel du travail de développement des tâches de réglage de la machine a été consacré à la prise en compte de l'O.A.E.. Il peut être dégagé deux thèmes principaux : d'une part le nouvel injecteur CO2 et d'autre part la modification du CSS2.

a.nouvel injecteur CO2

Les modifications essentielles à prendre en compte par rapport à l'ancien injecteur sont un nombre de tours plus grand, des équipements nouveaux tels que sondes de phase et diagnostics de perte de faisceau.

Les tâches nouvelles ou complètement remaniées sont les suivantes :

ISOCO2 (ISOchronisme du CO2) :
visualisation de l'isochronisme du faisceau grâce à 6 sondes de phase.

COCYCL:

Cyclage du champ principal du CO2 directement depuis le MITRA 625.

CORINE : (CO Rayon INternE) :

visualisation et résultats détaillés du faisceau à l'intérieur du CO2 permettant de s'assurer de l'emplacement et de la forme corrects des tours.

DEFLCO : (DEFlecteur du CO2)

Commande du déflecteur électrostatique. Les mouvements du déflecteur sont assurés par quatre moteurs qui ont leur propre système de coordonnées, d'autre part l'action d'un seul moteur entraîne le déplacement des deux extrémités d'une des deux lames du déflecteur. Après étalonnage des mouvements du déflecteur sur banc, la tâche permet de ne s'occuper que de l'extrémités du déflecteur dans des coordonnées exprimées en mm par rapport au centre du CO, l'action des moteurs étant transparente pour l'utilisateur.

COINEJ :

Visualisation des pertes faisceaux sur l'ensemble des diagnostics nouveaux installés dans le CO2.

D'autre part, la tâche d'optimisation de l'injection axiale (OPINAX) a été modifiée et dotée de fonctionnalités nouvelles. Enfin, une tâche de mise au point du faisceau dans la portion de ligne injection axiale et CO2 a été développée (SURVCO), elle permet une étude de sensibilité du faisceau aux variations de certains équipements.

b.modification du CSS2

Les modifications sont principalement la présence de nombreux diagnostics nouveaux et un nombre de sondes de phases plus petit du fait du plus grand rayon d'injection du faisceau.

Les tâches modifiées sont :

ISOG2 : (Isochronisme du faisceau).

C'est une adaptation de la tâche existante qui tient compte d'une part du nombre de sondes de phase et de leurs positions relativement au faisceau et d'autre part du processus phase faisceau qui a été profondément remanié.

C2INEJ :

Tâche de visualisation des pertes faisceau à l'injection et à l'éjection du CSS2.

PICNEJ :

Visualisation du dernier tour de faisceau et de la fenêtre d'éjection du déflecteur électrostatique. Cette tâche, déjà existante, a été modifiée pour augmenter sa vitesse.

c.divers

Le processus de mesures des phases faisceau a été complètement changé ainsi que les programmes qui l'utilisent.

Des développements de tâches utilitaires pour les réglages ont été complètement rendus opérationnels en 1989, bien qu'ils aient été initiés ou même mis en service en 1988. Il s'agit de :

SUPPAK :

Tâche de réglage du supprimeur de paquets.

COMTAG :

Comptage électronique du nombre de tours dans les CSS.

Plusieurs tâches de mesure automatique, de réglage des Bp d'éléments magnétiques au moyen de sondes RMN et d'un processus associé.

3.2. DETERMINATION DES PHASES FAISCEAU**a.objectif**

GANIL est une machine qui devrait fonctionner à phase constante quel que soit le type d'ion accéléré. La constante PHAREG découle en fait de cette caractéristique. PHAREG est la phase entre la sonde de phase centrale L1.PC64, juste à l'entrée de CSS1, et la cavité sud de CSS1. Si on réussit à déterminer PHAREG, alors connaissant la phase ϕ_{PC64} par rapport à la HF du CO2, on peut afficher la phase sur la cavité sud du CSS1 (figure 6 ; page 22).

$$\phi_{CSS1/CO2} = \phi_{PC64/CO2} + PHAREG$$

Le but de cette étude est donc de pouvoir calculer pour tous les faisceaux la phase de la HF du CSS1 par rapport à celle du CO2. On sait que la phase à l'entrée du CSS1 varie avec :

- l'énergie du CO2
- le calage en phase du regroupeur
- le trajet du faisceau

b.mesures

Des relevés ont été effectués avec différents faisceaux, ce qui a permis de calculer PHAREG pour ces différents faisceaux. Les résultats obtenus sont rangés dans le tableau 1.

FAISCEAUX	F (MHz)	PHAREG (en degré HF à π près)
208Pb ^{23/56+}	7,82	65
129Xe ^{18/44+}	9,40	65,9
86Kr ^{14/34+}	11,0	86,9
16O ^{3/8+}	13,37	92
58Ni ^{10/26+}	11,97	93,3

Tableau 1 : Mesures de PHAREG pour différents faisceaux.

Ces mesures montrent que PHAREG varie dans une plage d'environ 30°HF. Nous avons donc fait varier certains paramètres pour voir leur influence.

- Influence du niveau HF du CO2

On sait qu'une variation de la tension HF du CO2 a pour conséquence une variation de l'énergie du faisceau ; on doit donc s'attendre à une variation de PHAREG (Tableau 2).

V _{HF(CO2)} (kV)	Δ PHAREG (degré HF)
81,2	réf.
81,3	+3
81,4	+5,3
81,5	+4,3

Tableau 2 : Variation de PHAREG avec la tension HF du CO2

- Influence du réglage du regroupeur R1

Un déphasage de R1 de -10°HF entraîne une variation de PHAREG de -8°HF.

- Influence du groupeur de l'injection axiale.

Une variation de l'harmonique 2 du groupeur en niveau (145 à 73 V) et en phase (44 à 54 degrés) n'entraîne pas de variation de PHAREG.

c.conclusion

On a donc mis en évidence que :

- un niveau HF du CO2 différent d'une fois à l'autre pour un même faisceau entraîne un PHAREG différent de quelques degrés.

- un réglage du regroupeur non optimisé implique le même résultat que précédemment. Ceci justifie la détermination approximative de PHAREG. Il faut également prendre en compte le fait que les paquets sont très longs au niveau de L1.PC51 et donc que la mesure de $\phi_{L1 PC51}$ est peu précise d'où une erreur supplémentaire pour la détermination pratique de PHAREG. D'autres études sont indispensables pour mieux préciser les facteurs qui font varier la phase à l'entrée du CSS1.

3.3. ASSERVISSEMENT DE LA TENSION HF DE CO2 A LA POSITION DU FAISCEAU LUE SUR L1.PG41

a. asservissement actuel

Le principe de l'asservissement actuel est basé sur l'hypothèse que toute variation de phase en sortie du CO2 est due à une variation d'énergie du faisceau que l'on attribue à une variation du niveau HF.

$$\Delta\phi = K_1\Delta V_{HF}$$

La sonde de phase utilisée pour cet asservissement doit être située le plus loin possible de CO2 afin que le glissement de phase, dû à la variation d'énergie, soit le plus important possible. On a choisi la sonde de phase L1.PC64, mais cette solution ne s'avère pas satisfaisante car le regroupeur R1 a aussi une action sur la phase. L'utilisation de L1.PC51 est exclue à cause de l'extension en phase à cet endroit là (figure 6 ; page 22).

b.asservissement proposé

On propose d'utiliser la sonde L1.PG41, récemment installée dans la section chromatique de la ligne L1. A cet endroit, toute variation d'énergie se traduit par un déplacement du faisceau dans le plan horizontal.

$$\Delta\text{Pos}_{\text{faisceau}} = K_2\Delta V_{HF}$$

Il faut donc déterminer la sensibilité de la position horizontale vis à vis de la tension HF. Le réglage est fait de manière à avoir un faisceau centré et ensuite on ferme la boucle d'asservissement en corrigeant les variations de position du faisceau par la tension HF du C02 selon la sensibilité (K_2) déterminée par les essais.

c.mesures

Les essais ont été faits sur un faisceau de $^{86}\text{Kr}^{13+}$ à 0,56 MeV par nucléon ($F = 10,31$ MHz). Ils montrent que la position du faisceau n'est pas seulement fonction de la tension HF mais également fonction du champ magnétique B. Cela signifie qu'une variation de champ B sera compensée par une action sur la tension HF.

Mesures effectuées le 5 décembre.

$$I_B = 1276,86 \text{ A}$$

$$V_{HF} = 88 \text{ kV}$$

ΔI_B (A)	$\frac{\Delta I_B}{I_B}$	ΔV_{HF} (V)	$\frac{\Delta V_{HF}}{V_{HF}}$	$\Delta \text{Pos}_{\text{faisceau}}$ (mm)	K_2 (mm/kV)
0,5	$3,9 \cdot 10^{-4}$			2,3	
		220	$2,5 \cdot 10^{-3}$	2,3	10,45

Une nouvelle mesure effectuée le 14 décembre a donné un déplacement de 1,05 mm au lieu de 2,3 mm pour une même variation de B. Il faut signaler que le faisceau était centré sur le maximum du profil L1.PR41 qui ne correspond pas tout à fait au centre de gravité puisque le profil montrait une queue d'énergie.

Pour $I_B = 1277,69$ A et $V_{HF} = 87,75$ kV on a mesuré $K_2 = 13,5$ mm/kV

d.conclusion

Les relevés de la position du faisceau à champ magnétique constant et en fonction de la tension HF du C02 devront être faits avec d'autres faisceaux afin de mesurer un coefficient K_2 moyen ; ce qui permettra de réaliser par la suite une boucle d'asservissement unique pour tous les faisceaux.

Lors du réglage d'un faisceau, il faut faire en sorte que celui-ci soit bien centré sur le profil L1.PR41HO et que la queue en énergie soit la plus creusée possible.

3.4.NOUVEAU SUPPRESSEUR DE PAQUETS

Le supprimeur de paquets situé dans la section 3 de L1 a été entièrement refait.

Après la transformation de l'O.A.E., la distance entre deux paquets est passée de 73,04 cm à 102,2 cm et l'énergie maximale de 0,5 à 1 MeV par nucléon. Les nouvelles électrodes ont un profil adapté à l'enveloppe du faisceau ; l'électrode supérieure se décompose en deux parties, ce qui permet d'envoyer deux impulsions décalées dans le temps et de suivre la progression d'un paquet. Ce système donne la possibilité de transmettre un seul paquet. Deux générateurs d'impulsions donnant des impulsions négatives de 2300 V avec des fronts de montée inférieurs à 40 ns ont été construits à GANIL. Leur cycle utile maximum est de 10% au lieu de 1,43% antérieurement. D'autre part le diaphragme situé à l'entrée du supprimeur de paquet peut être télécommandé du PCP. Après une période de mise au point, les essais avec faisceau ont donné entièrement satisfaction.

3.5.ESSAIS DU CHAPEAU DE GENDARME

Ces essais avaient pour but de tester les équipements devant conduire le faisceau de CSS1 vers CSS2 après passage par le chapeau de gendarme où la séparation des états de charge après l'éplucheur est possible. L'achromatisme du chapeau de gendarme a été vérifié (effet du courant dans l'alimentation L2.D3P et correction par L2.Q31). La transmission est de 100%. Un léger effet du courant dans le septum, sur le faisceau, a montré la nécessité de blinder magnétiquement la sortie du faisceau.

3.6.NOUVEAU SYSTEME DE GESTION DES ACCES EN ZONE CONTROLEE (UGS II)

3.6.1 Introduction

La refonte du système de contrôle des accès SPR a été menée depuis le début du mois de mai 1987.

Cette refonte est motivée, en particulier, par une rigidité avérée de l'ancien système UGS I à évoluer, notamment pour prendre en compte les modes de fonctionnement nouveaux de l'accélérateur (par exemple : la S.M.E.).

Tous les efforts sont donc déployés pour rendre ce nouveau système, appelé UGS II, le plus

facile d'exploitation, de maintenance et d'évolution possible.

3.6.2. Description de l'UGS II

a. Les options de base sont :

- l'utilisation de microprocesseurs à 32 bits 680x0 au standard VME, sous le système d'exploitation temps réel PDOS,
- l'adoption de langages de haut niveau : C et Fortran,
- une interface utilisateur conviviale : un écran de visualisation couleur donnant le synoptique des accès facile à interpréter et des messages en clair,
- des programmes s'appuyant sur une installation matérielle adéquate qui permettent des diagnostics, soit en distance (depuis la console SPR du PCP), soit en local (au niveau des sas),
- une documentation complète, facile à exploiter et à mettre à jour.

b. L'UGS II repose sur une architecture en étoile :

- la figure 1 en montre le principe. C'est un système centralisé dont l'UGS (la tête), installée au PCP, commande les unités déportées UGD installées au droit des sas, par l'intermédiaire de liaisons série asynchrones. Le dialogue UGS-UGD est de type maître-esclave.
- la figure 2 est une recopie de l'écran graphique couleur montrant le synoptique de contrôle.

3.6.3. Point sur l'UGS II

La mise en place de l'UGS II auprès de l'accélérateur s'est achevée en juin 1989 et les premiers essais ont commencé dès ce mois.

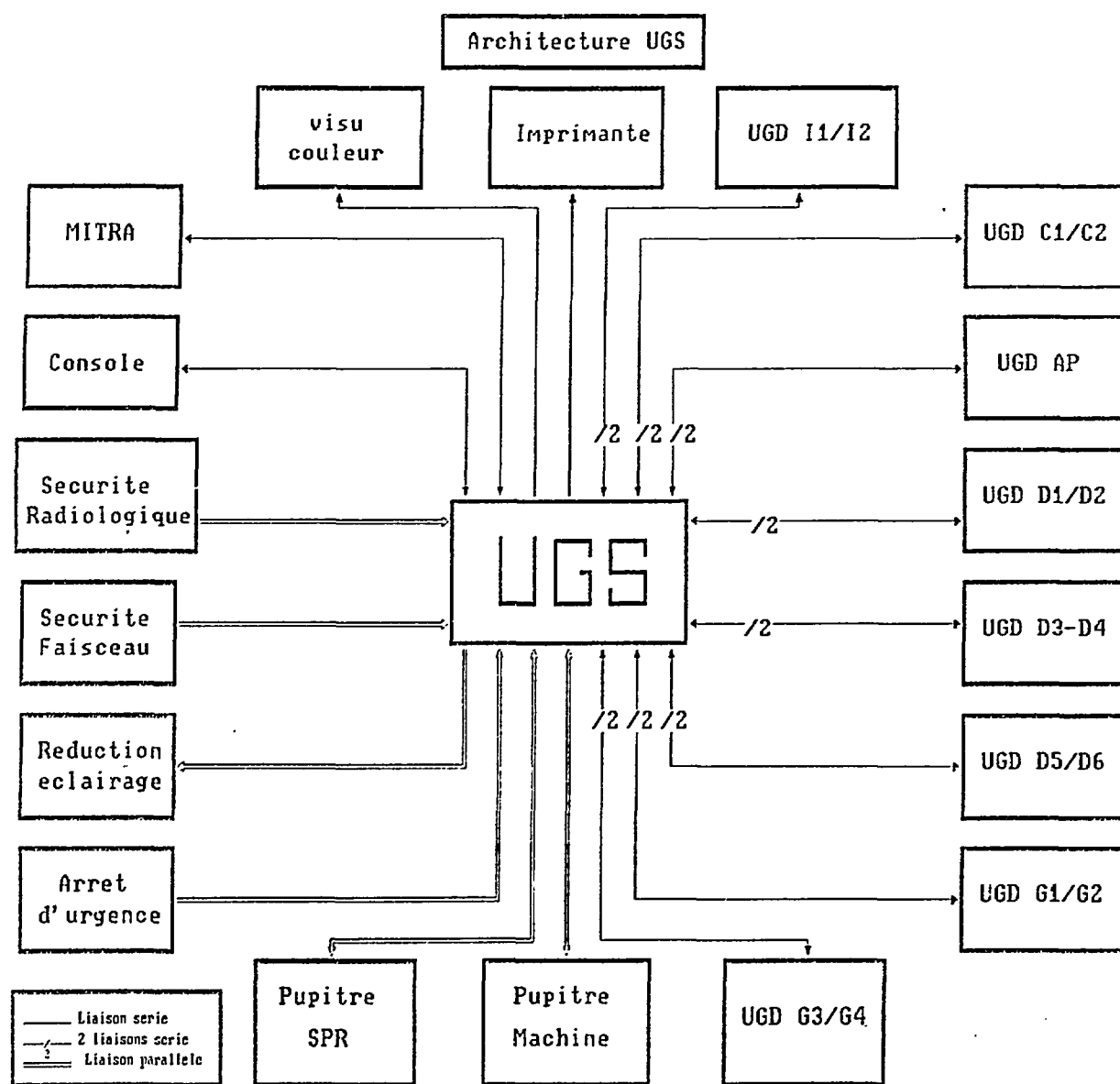


Figure 1

12

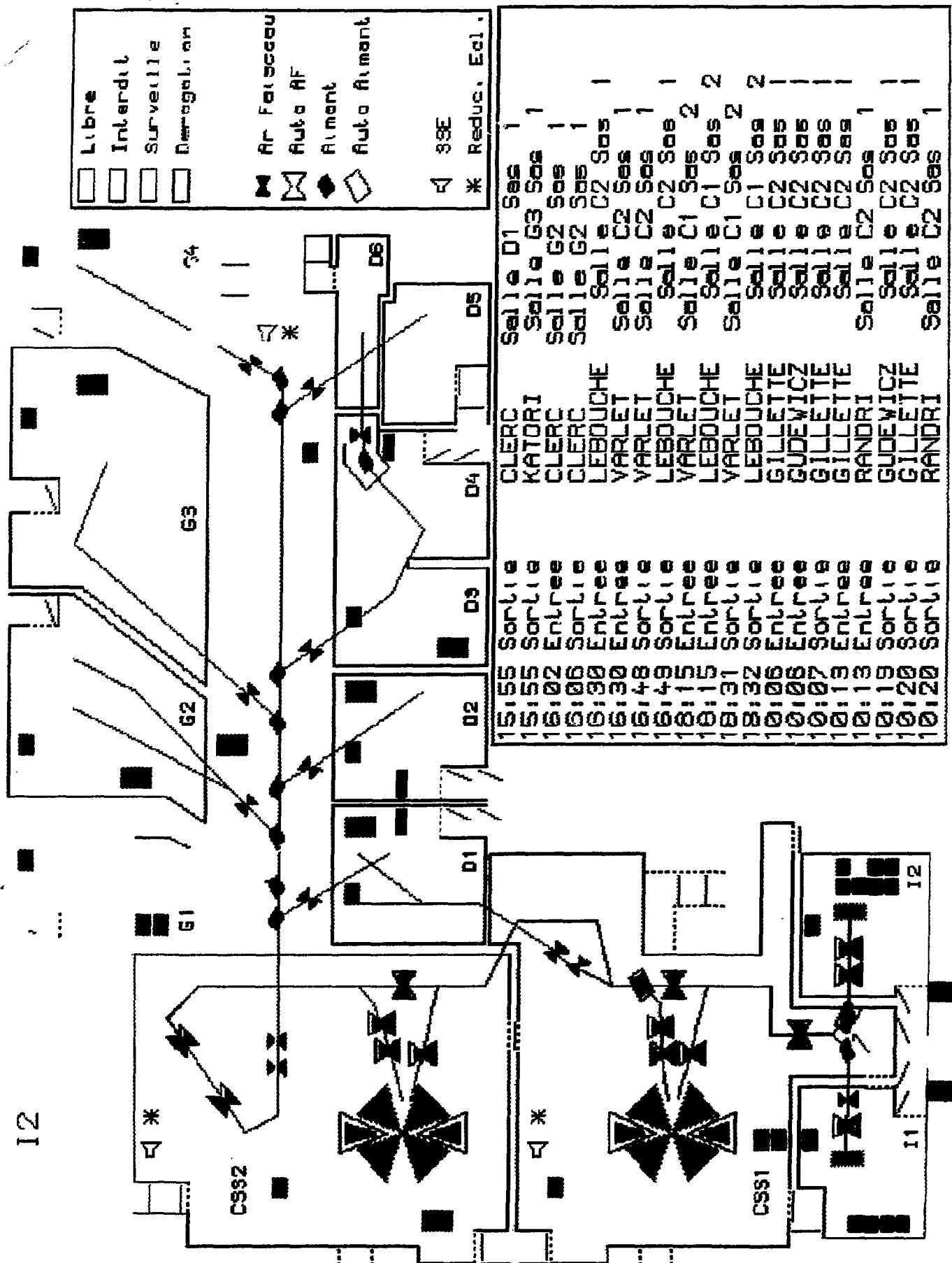


Figure 2

